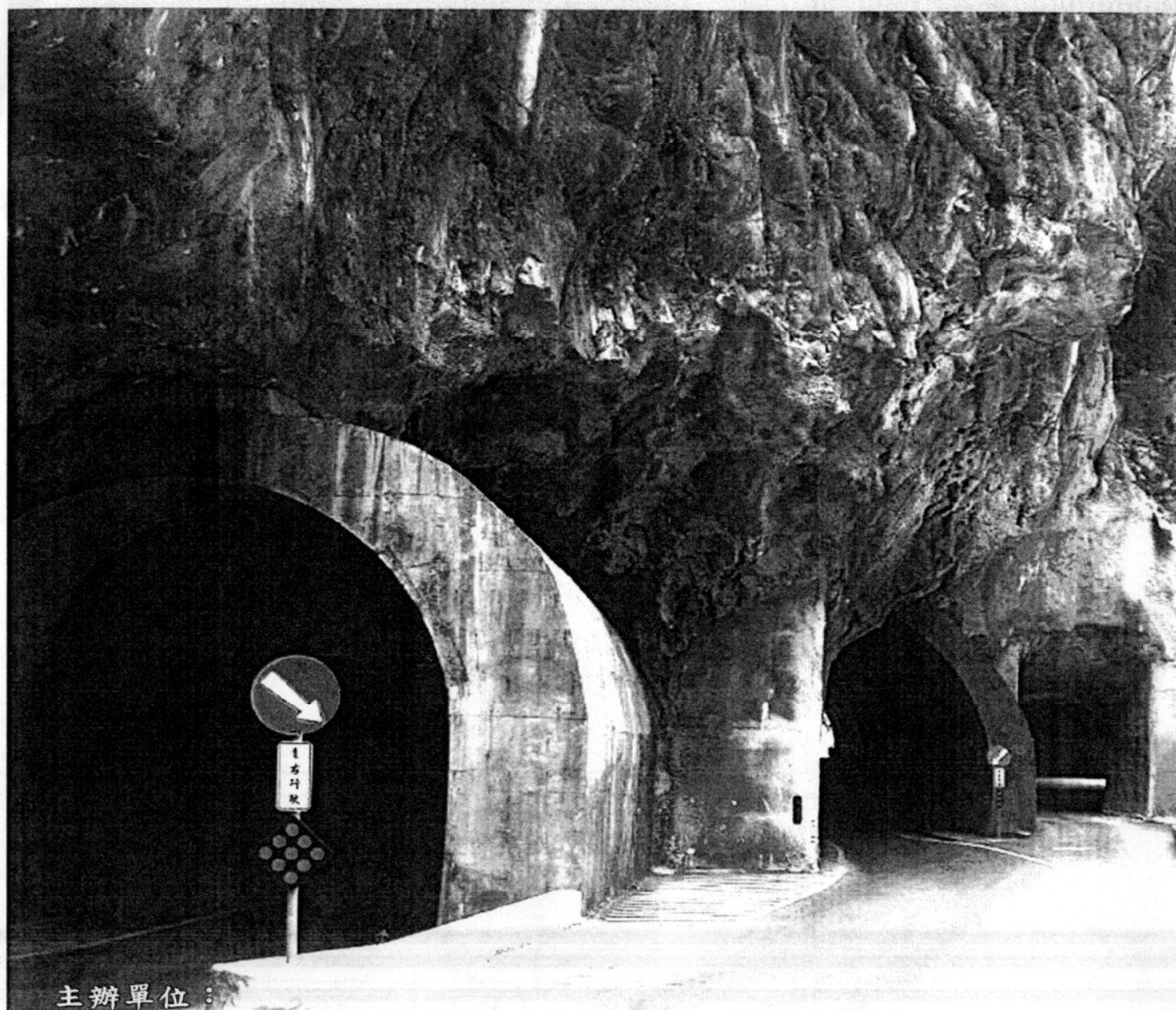




2004 TAIWAN ROCK ENGINEERING SYMPOSIUM 岩盤工程研討會論文集



主辦單位：

淡江大學土木工程學系、中正理工學院軍事工程學系、教育部、國科會工程科技推展中心、
中華顧問工程司、中興工程顧問社、經濟部水利署中區水資源局、中華民國大地工程學會

台灣 淡水 淡江大學
2004年10月21日至22日

應用 GPS 於地滑地之變位量測

蘇苗彬 陳毅輝 沈鍵偉

國立中興大學土木工程學系

摘要

本研究採用全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS) 在地滑地的變位測量，應用 GPS 之高精度、大範圍且不須通視的特性監測地表位移。將 GPS 長期架設於梨山地滑地，進行靜態長期監測，研究結果得到 GPS 靜態基線測量在接收 3 個小時之衛星資料所解算之基線長度變化，適用於地滑監測，其變化精度誤差在 10mm 以內。並經實驗驗證地表位移量與 GPS 解算基線長度之誤差在 3mm 以內，經由監測資料及分析結果得到 GPS 應用於地滑地地表變位之長期監測確實可行。

關鍵字：全球衛星定位系統、RTK、梨山、地滑地。

一、研究背景介紹

本研究區域為梨山地滑區，南至福壽山農場，北至德基水庫上游，地勢標高於海拔 1400-2200m 之間，此區為古崩塌地，曾於民國 79 年 4 月發生大規模崩塌，經由調查，其地滑區域面積約 230 公頃，區分為西區、東北區、中區、東南區等四個滑動區，本研究主要量測面積區域為地滑地主要整治區域，約 76 公頃的範圍 [1]。

本研究使用三台 GPS 長期監測梨山地滑地，利用靜態基線測量之基線變化量判斷地滑發生與否。現場佈置如圖 1，將梨山現地的電腦放置在 A 點，並且分別接收 B 點和 C 點 GPS 衛星資料並利用 DATA RADIO MODEM 及增益天線與 ADSL 搭配，遠端將衛星資料回傳至研究室內，進行解算與分析。

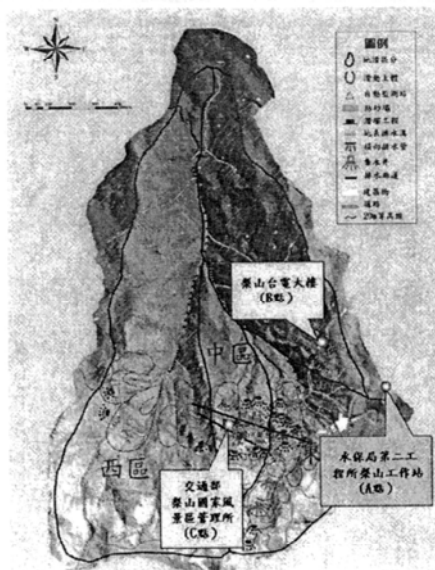


圖 1 GPS 長期監測梨山地滑地現場佈置圖

二、GPS 基本理論

2.1 GPS 靜態基線測量之基本理論

GPS 衛星接收儀同時在兩個以上測點進行接收，而其中至少一已知測點，其他測點為待求點。此測點對相同的 GPS 衛星(至少 3 顆)持續接收衛星訊號達 30 分鐘以上，甚至到數小時不等，視基線長度、衛星幾何分佈及大氣狀況而定。衛星幾何分佈愈佳、觀測時間長，則未定值及坐標之求解就精確[2]。一般而言，基線在 10 公里以內者，接收 1 小時即可；但基線愈長則接收時間也就愈久。達百公里者常需接收 2 小時以上；而千公里者，則接收時間至少每天 8 小時，並連續 3 天以上。基線測量的精度標準誤差小於 5 公厘+1ppm。

2.2 GPS 即時動態測量之基本理論

「即時」強調資料解算時間上的即時性，也就是當接收器接收到衛星訊號的同時，就能得到解算的結果，也就即時解算的系統必須具備有「one epoch, one solution」的能力。

將主站架設於已知座標的點位上，透過無線電傳輸儀器，將其所接收到的 GPS 雙頻載波相位觀測量傳送至移動站的筆記型電腦上，再與移動站本身所接收之觀測量聯合計算，再計算移動站之瞬時座標。此種測量方法是一種快速的測量方式，不僅作業效率高、產量大，可以省下靜態測量所需的內業計算時間，更重要的是可以達到公分級的精度[3]。

三、GPS 監測地滑之方法

3.1 GPS 靜態基線測量

在何種 GPS 靜態接收時間間隔下，誤差值最適用於地滑監測。以下為本實驗的步驟：

- 1、因為靜態量測須將儀器架設於室外 24 小時，所以必須選擇三個空視良好且不被人為破壞之測點(A、B、C 三點)，所以本實驗的地點選在中興大學土木環工大樓的屋頂，其中必須要有一已知點(A 點)，做為解算之用。
- 2、本研究使用 TOPCON 之 GPS，為求其資料解算精準，設定靜態接收為 1 秒接收一組衛星資料，因為接收衛星筆數愈多，會使平差解算愈精確。
- 3、再利用 TOPCON 之靜態解算軟體 PINNACLE 將衛星資料載入，並將資料分割成時間間隔為 1 小時、2 小時、3 小時、4 小時、6 小時及 24 小時一筆，進行基線解算、網形平差，而將基線長度之計算結果輸出。
- 4、將 24 小時靜態解算基線長度假設為實際值，分別將 1 小時、2 小時、3 小時、4 小時及 6 小時靜態解算基線長度假設為觀測值。
- 5、誤差值=觀測值-實際值，將時間與誤差值之關係圖繪製成圖 2，如圖可看出 3hr 之接收時間，其最大正誤差值與最大負誤差值之差為 2.7mm，評定連續接收 3 個小時之基線精度，可以應用於地滑監測。

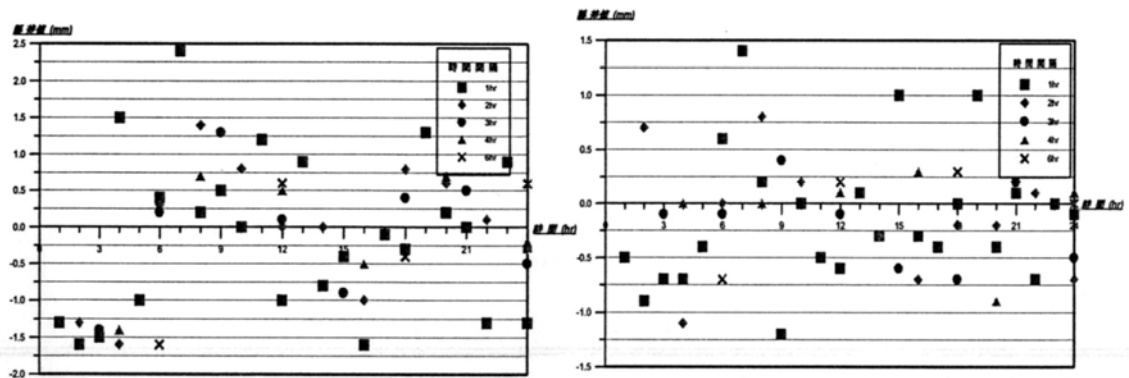


圖 2 GPS 靜態基線解算結果之時間與誤差關係圖(右圖為 A-B 基線、左圖為 A-C 基線)

- 6、利用 3 個小時靜態基線測量進行位移量的討論。先將 GPS 儀器架設於中興大學內 A、B、C 三點進行 GPS 靜態基線測量。其中 A 點為固定點，B、C 點為移動點，分別將 B、C 點位移動 5cm、10cm 及 15cm 所解算之基線長度，藉由各移動量及未移動之基線長度的差(表 1)得知 GPS 量測位移量之精度。

表 1 固定點與移動點在不同移動量之基線長度變化量

移動點~固定點基線長度變化量		
移動量\長度(cm)	A-B 基線	A-C 基線
未移動		
移動 5cm	5.22	4.74
移動 10cm	9.89	9.83
移動 15cm	15.01	14.77

7、GPS 靜態基線測量所測得之基線變化量與自行移動的移動量相差在 3mm 以內，由此可知若發生滑動時，GPS 靜態基線測量可量測到滑動量，且滑動量可控制在誤差範圍之內。

3.2 GPS 即時動態測量(RTK)

求得 RTK 在何時其誤差值會趨近於收斂，而此時間點為利用 RTK 進行地滑監測之接收時間，並且判斷收斂之誤差值是否適用於地滑監測，本實驗共有 7 組數據，分別有 2 組在梨山量測、5 組在中興大學量測。以下為本實驗的步驟：

- 1、須先得知已知點(A、D 點)之座標，用以設定 RTK 主站(BASE)，並且進行 RTK 測量。移動站(ROVER) (B、C、E、F、G、H、I 點)須選擇在空視良好之地區。
- 2、由於靜態之精度大於 RTK，故先將主站和移動站同時接收靜態用以求得比對之基線長度，將此長度假設為實際值。進行 RTK 依照不同的時間量測(5 秒、10 秒、15 秒、30 秒.....900 秒)之基線長度，而此長度為觀測值。
- 3、誤差值=觀測值-實際值，再利用繪圖軟體 GRAPHER 將時間與誤差值之關係圖繪製成圖 2。

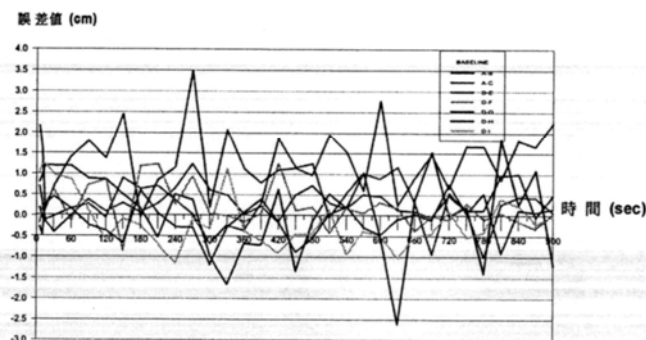


圖 2 RTK 量測基線解算結果

- 4、由圖 2 得知動態部份時間與誤差值之關係並非呈現收斂的狀態，正負誤差值的差大於 4 cm，所以由本實驗可以得知 RTK 精度不是很適用於地滑監測。因此，本研究以 GPS 靜態基線測量作為長期監測地滑位移量之方法探討。

四、應用 GPS 長期監測梨山地滑地

4.1 GPS 長期監測梨山地滑地之監測資料

應用三台 GPS 長期監測梨山地滑地，研判靜態基線測量之基線變化量，現場佈置如圖 1，三個監測站於 2004/5/15 開始運作，接收至 2004/6/7。藉由基線的變動情形作為監測地滑的依據，將 A-B 基線及 A-C 基線利用 GRAPHER 繪圖軟體將基線長度與時間的關係圖繪製為圖 3。

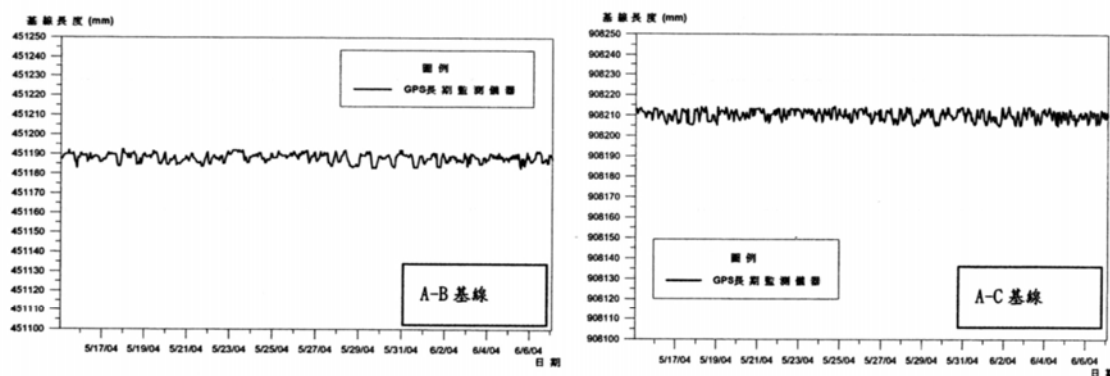


圖 3 GPS 長期監測梨山 A、B、C 三站之基線長度與日期關係圖

由圖可知靜態基線解算的基線長度持續在 10mm 內變化，所以得知在梨山所量測到的變化量為誤差值，但其誤差範圍未達到上述的 3 mm 以內，這是可能是中興大學內 A~B 基線及 A~C 基線長度均小於 100m，由於 A、B、C 三站的距離接近造成：1、三站周遭的環境相差不大；2、三台 GPS 儀器所接收的衛星一致，故可利用解算軟體進行 GPS 靜態基線解算將這些誤差及影響因素平差，使得 GPS 靜態基線的精度提高、誤差值降低。

而梨山現地內 A~B 基線長度為 451.19m 及 A~C 基線長度為 908.21m，得知梨山現地內基線比起中興大學內 GPS 靜態實驗的基線長度過大，無法得到上述的兩點因素，導致利用解算軟體進行靜態基線解算時，雖然可將誤差及影響因素平差，但是精度無法控制在 3 mm 以下。由圖 3 可知 GPS 長期監測地滑地的結果雖無法將精度控制在 3 mm 以下，但是其精度的範圍在 10 mm 以下，故得知 GPS 長期監測地滑地可達到公厘級的精度，此精度對於地滑地監測雖不高但仍在可接受的範圍內。

4.2 GPS 靜態基線測量與地表伸縮計變位比對

進行梨山監測系統之地表伸縮計與 GPS 進行比對，研究是否兩者有相同的趨勢，以實驗研判 GPS 是否可取代地表伸縮計監測地滑[4]。實驗步驟如下：

- 1、在施測之前必須利用先得到固定點之座標，而此點之座標必須精確，有助於之後 GPS 靜態基線解算之精確性。
- 2、施測時將 GPS 分別架設於固定點及 B1、B13 監測站之移動樁處(圖 4)。
- 3、由 GPS 靜態接收之時間與誤差關係所得之結果得知，靜態接收 3hr 之精度達到容許之範圍，所以施測時靜態接收之時間以 3hr 為一筆資料。
- 4、將靜態所接收 3hr 之衛星資料用 TOPCON 所研發的軟體 PC-CDU 檔案下載到電腦。
- 5、將接收之衛星資料載入 TOPCON 之 GPS 靜態解算軟體 PINNACLE，進行 GPS 基線解算及網形平差。
- 6、將不同日期 GPS 靜態所求得之基線長度變化量(表 2)分別與地表伸縮計變位量進行比對，判斷之間是否有相同之趨勢。

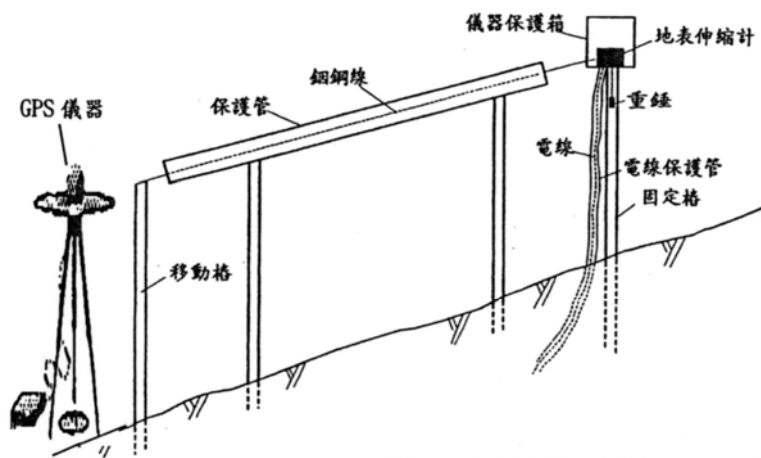


圖 4 GPS 與地表伸縮計之位置

表 2 主站與移動站(B1、B13)之基線長度變化量

移動站~主站基線變化量		
日期\長度(mm)	B1	B13
930305(12:00~16:00)		
930312(12:00~16:00)	-1.3	3.6
930313(9:00~3:00)	-5.2	1.9
930327(12:00~16:00)	4.1	0.4
930402(12:00~16:00)	-4.8	-4.9
930403(13:00~17:00)	-5.6	-2.5

7、由監測資料可以 B1 和 B13 監測站在 93 年 3 月 1 日至 4 月 5 日幾乎沒有地表位移的產生，由表 4-2 可知 GPS 量測期間內約 6mm 之基線變化量為誤差量，在上節中，於梨山現地進行 GPS 長期監測時，其誤差範圍在 10 mm 以下，所以當 GPS 靜態基線測量與地表伸縮計進行滑動量的比對時，若基線長度的變化量在 10 mm 以內，可視為誤差值，而並非滑動量。由本研究得知 GPS 靜態基線測量監測地滑與地表伸縮計有相同的效果。

五、結論

由本研究得知 GPS 長期監測地滑地系統所使用的量測方法為 GPS 靜態基線測量，1 秒接收一筆衛星資料，時間間隔為 3 個小時進行 GPS 靜態基線解算，於中興大學平地測量結果，GPS 模擬變位情形，其精度達到 3 mm。應用於梨山地滑區，相同以時間間隔為 3 個小時進行 GPS 靜態基線解算，其精度範圍均小於 10 mm，所以若要使得 GPS 長期監測系統得到公厘級的精度又可縮短靜態基線解算的時間、增加解算時的效率，最佳之讀取時間應使用 3 個小時靜態基線解算並以每次移動 1 小時之資料處理方式。

藉由 GPS 儀器架設於地表伸縮計的移動樁處，進行 GPS 靜態基線測量與地表伸縮計滑動量的比對期間內，由地表伸縮計的資料得知並未發生滑動，而 GPS 儀器所量測到基線長度的變化量在誤差範圍之內，所以 GPS 儀器與地表伸縮計均量測到現地並未產生滑動。由本研究得知 GPS 靜態基線測量監測地滑與地表伸縮計有相同的效果，且可利用大範圍的基線測量，更能掌握大面積之滑動土體滑動的趨勢。

六、參考文獻

1. 國立中興大學土木工程學系，「梨山地區地層滑動管理基準檢核及評估」，行政院農業委員會水土保持局第二工程所委託 (2003)。
2. 曾清涼、儲慶美，「GPS 衛星測量原理與應用」，國立成功大學衛星資訊研究中心 (1999)。
3. 蔡榮富，「GPS 作大面積地滑地區測量之初步研究」，碩士論文，國立中興大學土木工程研究所，台中(2003)。
4. Malet, J. P., Maquaire, O. and Calais, E., "The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de -Haute-provence , France)", *Geomorphology* , Vol. 43 , 33-54 (2002).

ABSTRACT

This research suggests using GPS(Global Positioning System) for monitoring the amount of displacement during landslides. The function of GPS is highly accurate, widely ranged, and not so easily influenced. We have installed GPS in Lishan to monitor landslides over a long-term period. The static-state method of GPS receives data at 3 hours time-intervals from Satellite, the precision of the baseline solution is within 10 mm. The result shows that the GPS survey is suitable for monitoring landslide displacement. Likewise, we set up the GPS on level ground for receiving GPS data during the 3 hours periods. The precision of the baseline solution is within 3 mm on level ground. By the monitored results, using GPS for the monitoring landslide displacement is feasible.

Keywords: GPS, RTK, Lishan landslide.